A Monsieur le Professeur Roger
Hommage de J. Amar
17 juin 1919

Titres et Travaux Scientifiques

de



Monsieur Jules Amar

mai 1919.

TITRES

ET TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DU Pr. JULES AMAR

TITRES ET DIPLÔMES

1) Directeur du Laboratoire des Recherches sur le Travail, au Conservatoire National des Arts et Métiers (1913).
2) Ancien Chef de Laboratoire de Physique à la Faculté de médecine de Paris (1905 - 1913).
3) Docteur ès-Sciences (1909).
4) Licencié ès-Sciences physiques } (1900-1904).
5) Licencié ès-Sciences biologiques }
6) Membre Correspondant de l'Académie des Sciences de Lisbonne (1917).
7) Membre de la Société française de Physique (1907).
8) Membre de la Société d'Anthropologie de Paris (1907).
9) Chargé d'une Mission scientifique par le Ministère de l'Instruction Publique (1907).
10) Chargé d'une Mission scientifique par les Ministères de l'Instruction Publique et du Travail (1907 - 1909).
11) Membre de la Commission de Physiologie du Travail du Ministère du Travail (1911).
12) Membre de la National Society for The Promotion of Occupational Therapy, de New-York (1917).
13) Lauréat de l'Institut (1915).

14) Membre de la Commission d'Orthopédie du Ministère de la Guerre (1915).

15) Directeur du Laboratoire de Prothèse militaire (1915).

16) Membre de l'Office National des Mutilés (1916).

17) Membre du Conseil de Perfectionnement de la Rééducation des Mutilés au Ministère du Travail (1916).

O U V R A G E S

---

1) Le Rendement de la Machine Humaine (Paris 1909, épuisé).

2) Le Moteur Humain et les bases scientifiques du Travail professionnel; préface de Henry Le Chatelier; in 8° de 650 pag. et 309 fig. (Paris 1913; Dunod et Pinat éditeurs). Traduit en anglais par le Pr. Stanley Kent, London 1918).

3) Essai sur une Méthode de Comptabilité des Chemins de fer; en collaboration avec M. Gustave Pereire; Paris 1911 (3° édition, Gautier-Villars, 1917); Examen des cheminots.

4) La Prothèse et le Travail des Mutilés, préface de Paul Painlevé (Paris 1916; Dunod et Pinat).

5) Organisation physiologique du Travail, Gd in 8° de 375 p. et 134 fig.; (Paris 1917). Traduit en anglais par Pr Stanley Kent (Londres 1918).

6) Le Devoir agricole et les blessés de guerre, préface de Fernand David (Paris 1917).

7) Le Système musculaire (dans l'Encyclopédie physiologique Richet; environ 800 pages in 4°, et plus de 400 fig.; en préparation).

8) Questions sociales (sous presse).

MÉMOIRES SCIENTIFIQUES ORIGINAUX

1 - Physique pure et Physique biologique

1) Sur l'osmose des gaz à travers les membranes colloïdales (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences 26 mars 1906).

2) Même sujet (ebenda,9 avril 1906).

3) Sur le pouvoir réfringent moléculaire des corps (eb. 4 février 1907).

4) Sur le pouvoir diélectrique des corps (eb. 4 mars 1907).

5) Influence de l'intensité du soleil sur l'acuité visuelle (eb. mars 1908).

6) Mémoire sur l'astigmatisme et les actions du soleil sur la vision (Journal de physiologie et de pathologie,1908, p. 231).

7) Les rapports de l'astigmatisme et des races humaines (Bulletin de la Société d'anthropologie de Paris, année 1908).

8) Rapport de mission concernant les actions physiologiques du soleil sur l'organisme humain (Archives des Missions scientifiques, T. XVl, p. 163; 1908).

II - Energetique humaine et travail professionnel

9) Le Rendement de la machine humaine (Thèse de Doctorat, Paris 1909; volume in 8° où se trouvent rassemblées mes recherches sur le transport des fardeaux et les facteurs économiques du travail).

10) Même volume augmenté - (Paris 1910, chez Baillière et fils; épuisé).

11) Une singularité dans le fonctionnement de la machine humaine (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 17 octobre 1910).

12) Sur la mise en marche de la machine humaine (eb. 14 novembre 1910).

13) Sur la loi de la dépense postérieure au travail (eb. 21 novembre 1910).

14) La dépense énergetique dans la marche de l'homme (eb. 20 février 1911).

15) Les lois économiques de la marche de l'homme (Journal de physiologie et de pathologie, mars 1911).

16) La marche de l'homme sur plan incliné (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 15 mai 1911).

17) Réflexions et observations sur le rendement et l'évaluation du travail de l'homme (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 6 juin 1911).

18) La loi du repos physiologique (sb. 3 juillet 1911).

19) Influence des heures de repas sur la dépense énergétique de l'homme (sb. 19 février 1912).

20) Mémoire étendu sur le même sujet (Journal de physiologie et de pathologie, 15 mars 1912).

21) Recherches mécaniques et physiologiques sur le travail du limeur (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 18 novembre 1912).

22) Mémoire complet sur le même sujet (Journal de physiologie et de pathologie, 15 janvier 1913).

23) Idem (Revue de Métallurgie, année 1913).

24) Les signes circulatoires de la fatigue (Comptes-rendus Acad. Sciences, 20 octobre 1913).

25) Les signes respiratoires de la fatigue (sb. 3 novembre 1913)

26) Observations sur la fatigue professionnelle (mémoire in Journal de Physiologie de mars 1914).

27) Cardiogrammes de fatigue (Comptes-rendus Acad. Sciences du 9 février 1914).

28) Sur l'alimentation et la force des Arabes (sb. 14 déc. 1914).

29) Prinoipee de rééducation profeseionnelle (Comptes-rendus Acad. Soienoee du 26 avril 1915).

30) Arthrodynamomètre (eb. 7 juin 1915).

31) Meeuree arthrodynamomètriquee (eb. 23 août 1915).

32) Cannes et béquillee en orthopédie humaine,en collab. avec Docteur Tuffier (eb. 13 eeptembre 1915).

33) Appareils de prothèse du membre supérieur (eb. 13 mars 1916).

34) Valeur fonctionnelle des moignons (eb. 29 mai 1916).

35) Eduoation sensitive et utilieation dee moignons (eb. 5 juin 1916).

36) Trottoir dynamographique (eb. 31 juillet 1916).

37) Teohnique d'éducation eensitive pour amputés et aveugles (eb. du 20 octobre 1916).

38) Eduoation sensitive et appareile de prothèse. Lee réeultate (eb. 16 octobre 1916).

39) Instrument pour mesurer et rééduquer les mouvemente de pronation et de eupination. Le Gyrographe (eb. 11 déoembre 1916).

40) Observations eur la prothèse du membre inférieur (eb. 29 janvier 1917).

41) Claesement dee mutilations de l'appareil locomoteur et incapacités de travail (eb. 12 mars 1917).

42) Le prix du mouvement chez les invalides et les nouveaux gauchers (Comptes-rendus Acad. Sciences du 23 avril 1917).

43) Origine et prophylaxie du coup de chaleur (eb. 21 mai 1917).

44) Recherches sur la valeur fonctionnelle des moignons de l'appareil locomoteur et la technique prothétique (Revue de Chirurgie, de mai-juin 1917) tome 36, p. 613 - 639).

45) Physiopathologie de l'effort (Comptes-rendus Académie Sciences 6 août 1917).

46) Prothèse rationnelle du membre inférieur. Un modèle pratique de jambe (eb. 29 octobre 1917).

47) Résistance absolue des muscles après atrophie ou lésion des nerfs (eb. 19 novembre 1917).

48) Loi de la cicatrisation des plaies (eb. 11 mars 1918).

49) Prothèse physiologique du pied (eb. 22 avril 1918).

50) Le Psychographe et ses applications (eb. 3 juin 1918).

51) Observations psychographiques (eb. 24 juin 1918).

52) Recherches sur la prothèse du membre inférieur (Revue de Chirurgie de mai - juin 1918; tome 37, p. 437 - 462).

53) Au sujet de l'équilibre nutritif de l'organisme animal (Comptes-rendus Acad. Sciences 5 août 1918).

54) Les lois du travail féminin (C.R.Ac.Sc. 14 octobre 1918).

55) La fonstion mentale dans le travail féminin (eb. 25 nov.1918).

56) Emotivité féminine (eb. 6 janvier 1919).

57) L'apprentissage (Revue Scientifique 16 juin 1917).

58) L'évaluation ratinnelle des invalidités de guerre (eb.1 déc.17)

59) L'observation et la mesure des incapacités de travail
(Génie Civil 6 octobre 1917).

60) Réflexions sur le Féminisme (Revue Bleue, 16 février 1918).

61) Organisons l'Energie Humaine (Export. franç.23 Mai 1918).

62) L'Evaluation du Rendement Social (eb. 19 septembre 1918).

63) L'Effort scientifique des Etats-Unis.Conférence à France-Amérique, président M.Millerand (Revue Bleue 1919).

64) Méthode pratique pour établir les Fiches d'Aptitude au travail
(Exportateur français 15 mai 1919).

65) Courbe de la Ventilation pulmonaire (C.R.Ac.Sc.du 22 avril 1919

66) Ventilation pulmonaire et Hématose (eb. 12 mai 1919).

67) Le Coefficient ~~ortho~~ hémato pnéique (eb. 16 juin 1919).

De nombreux travaux, articles, analyses, ont été publiés sur le <u>Système Amar</u>, pour le comparer -parfois pour l'opposer à tort-

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Course de la Ventilation pulmonaire (C.R.Soc. [illegible]

[illegible] Ventilation pulmonaire [illegible] 12 mai [illegible]).

Le Coefficient [illegible] juin [illegible]).

De nombreux [illegible]

Système [illegible], pour le [illegible]

au Système Taylor (Voir Revue de Métallurgie, Génie Civil, Technique Moderne, Revue, Revue Scientifique, Scientific American, l'American Engineer, la Revue Economique, l'Actualité Scientifique, etc... de 1913 à aujourd'hui). La grande presse a recueilli les échos des discussions dont le Système français a été l'objet dans les milieux de patrons ou d'ouvriers. En général, on a bien reconnu ses deux avantages essentiels :

1° Evaluation rigoureuse et objective du rendement professionnel,

2° Organisation scientifique du travail pour un rendement maximum sans risquer le surmenage. Des graphiques enseignent le moyen de déceler la limite extrême de la fatigue normale.

Il suit de là que -d'après le mot même de Gilbreth, collabarateur et successeur de Taylor-, la Méthode Amar a "humanisé" le Système américain, qu'elle ne connaissait pas, mais qu'elle ne répudie nullement.

Notons, en effet, que c'est depuis 1905 que nous poursuivons ces recherches, dont le but est de conditionner les facteurs du travail humain, pour réduire les heures de présence à l'usine, et assurer à l'ouvrier des salaires suffisants. C'est par cette organisation, estimons-nous, que le problème des salaires, et la lutte contre les intoxications sociales, recevront des solutions efficaces. L'ouvrier mal payé est un mauvais sujet à tous égards.

Comme il a été dit dans la préface du Moteur humain (1913), notre programme évolue au milieu des questions d'économie sociale, sans se laisser envahir par les discussions d'Ecoles ou les doctrines spéculatives. Il repose tout entier sur l'expérimentation. C'est de ce point de vue qu'ont été traités le problème des accidents de travail, celui de la main-d'oeuvre et de l'apprentissage, et la législation qui les encadre.

Il existe,en effet,d'excellents Ouvrages d'Economie politique et socials;c'eût été une dissipation d'énergie de s'imposer la même tâche que leurs auteurs,et l'intérêt de la nôtre se fût évanoui.

Telle est l'idée qui a inspiré notre méthode. Pas plus que Taylor,nous ne prétendons à être sociologue ni économiste. Ces titres sont trop compréhensifs,et assurément trop vagues pour un homme de Laboratoire.

Néanmoins,la statistique fut un de nos moyens d'études;l'ensemble de nos enquêtes,en divers pays,embrasse plus de 33.000 personnes,appartenant aux deux sexes,et, -en vue de l'apprentissage- près de 700 enfants.

Déjà 104 spécialistes se sont perfectionnés à notre enseignement pratique;il en est venu,notamment d'Amérique (Etats-Unis), d'Italie,de Belgique et du Japon. Nos grands industriels et les Associations ouvrières sont disposés,depuis quelque temps,à accepter cette organisation économique qui triomphe à l'étranger, par son caractère scientifique et impartial. Le Ministère du Travail a constamment aidé notre modeste effort. Mais il faut compter évidemment avec la lenteur de diffusion des idées,des vérités nouvelles,et avec la routine que seuls des ingénieurs actifs,des hommes jeunes pourront briser.

On voudrait espérer que le souci de la richesse et de la paix dans le monde hâtera l'heure des solutions rationnelles.

ANALYSE SOMMAIRE DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES SUS-MENTIONNÉS

Nous allons résumer très brièvement les résultats dûs à nos recherches dans les deux ordres de sciences que nous avons distinguée, savoir en Physique pure et appliquée, et dans les problèmes d'Energétique et de Mécanique humaines.

I - PHYSIQUE PURE ET APPLIQUÉE

Dans le domaine si vaste de la physique, seules, ou presque, les applications relatives à la Vie nous ont occupé.

A) Osmose des gaz - Ainsi, de nombreux savants avaient admis que les échanges gazeux de la respiration s'effectuaient conformément à la loi de Graham sur la diffusion. La membrane pulmonaire, recevant d'un côté le gaz carbonique du sang, de l'autre l'oxygène de l'air, l'échange de ces deux gaz s'effectuerait en vertu de leurs densités respectives.

J'ai pu établir, expérimentalement, tout d'abord qu'il n'y a pas de diffusion vraie dans les membranes colloïdales vivantes; il y a dissolution des gaz dans l'eau qui les imbibe, par quoi ceux-ci passent d'une face à l'autre de la membrane.

Si cette dernière était parfaitement sèche, le phénomène s'arrêterait complètement, le gaz ne traverserait pas.

Si enfin le gaz carbonique arrivait sous pression, il finirait

par traverser la membrane,la pression minimum étant de 12 m/m. d'acide sulfurique concentré,et l'on observe une condensation préalable du gaz,qui retarde son passage et son élimination (Expériences sur vessies de porcs).

Les deux surfaces de la membrane colloïdale ne présentent, d'ailleurs,pas de symétrie.

En conséquence,les phénomènes physiques de l'échange respiratoire sont très complexes,mais l'organisme réalise des conditions qui leur sont favorables,d'autant plus que la température des poumons permet l'entrée facile de l'oxygène froid du dehors: c'est la thermo-endosmose.

B) Pouvoirs refringents et constantes diélectriques.

On entend par réfraction R d'un corps l'indice N de ce corps diminué de l'unité. On a : $R = N - I$

J'ai établi et vérifié la loi suivante :

"La réfraction d'un gaz composé est la somme des réfractions des atomes qui entrent dans sa molécule."

Si r_I , r_2 ....r_n sont les réfractions des éléments composants, divisées par les atomicités, et si a_I , a_2 .... a_n sont les nombres d'atomes entrant dans la molécule, la loi s'exprime par la relation :

$$R = \sum a\, r.$$

J'ai aussi montré de quelle manière cette loi s'applique aux liquides et aux solides. Son exactitude est, à cet égard, telle que certaines valeurs calculées ont été, depuis, justifiées par l'observation directe.

Mais on sait, d'autre part, que $N^2 = K$, et que par K on désigne la constante diélectrique d'une substance (Relation de Maxwell). Il s'ensuit que :

$$N - I \quad \text{ou } R = \sqrt{K} - I$$

On calcule donc, par la formule $R = \sum a\, r$, la constante diélectrique d'un corps déterminé, pris sous ses différents états, ou dans un état (glace) qui rend les mesures difficiles.

Cela aussi fut confirmé par les faits. Par exemple, la constant diélectrique calculée de l'oxygène liquide est I,45. Dewar l'a mesurée directement et trouvée égale à I,49. Ce qui est assez satisfaisant. De même, Meslin trouva K = 2 pour l'eau, valeur donnée à peu près par la formule, tandis que les mesures défec-

tueuses fournissaient 78 et 80 !. On peut donc anticiper, dans certains cas, sur l'expérience, et coordonner entre elles des lois physiques qui paraissaient discordantes.

C) Actions solaires - Mais, dès 1905 nos recherches s'orientèrent vers les questions de Physiologie du travail. Le problème de la main-d'oeuvre étrangère nous donna l'idée d'approfondir le rôle des climats et les actions physiologiques du soleil. Or, précisément, le Ministère de l'Instruction publique venait de nous charger d'une Mission dans le bassin de la Méditerranée(1). L'occasion était excellente. Les nombreuses observations, que nous avions consignées dans notre Rapport officiel, peuvent se répartir en cinq groupes :

I - L'astigmatisme - On sait que l'astigmatisme consiste, en général, dans l'inégalité de courbure de la cornée, sorte de petit verre de montre qui semble recouvrir la partie antérieure de l'oeil. La cornée, pour avoir un foyer punctiforme, doit être

---

(I) Arrêté ministériel du 14 juin 1907.

sphérique. Or, Javal reconnut, au moyen de son Ophtalmomètre, que 7 fois sur 10, la cornée possède une plus grande convexité dans le plan vertical que dans le plan horizontal. C'est l'astigmatisme direct. Le cas contraire, où le méridien horizontal est plus bombé, constitue l'astigmatisme inverse. Mais Javal affirma, après Donders, l'hérédité de l'astigmatisme, et même il en fit un caractère ethnique, attendu que, affirmait-il, les astigmates inverses ne se rencontrent que parmi les Juifs.

Cette double assertion est démentie par une statistique de 1200 observations, établie par nous en parcourant l'Italie du Nord au Sud, et l'Afrique septentrionale de l'Est à l'Ouest. En effet :

L'astigmatisme direct et léger affecte tous les yeux, même ceux qui ont une très bonne vision; l'exception ne dépasse pas I %.

L'astigmatisme inverse s'accuse spécialement chez les populations littorales de la Méditerranée, c'est-à-dire dans les contrées fortement ensoleillées; en particulier, il se rencontre chez les Sémites. Mais, tandis que la proportion est de 10 % pour les Juifs, elle atteint 18 % dans les populations arabes et berbères. Elle suit, d'ailleurs, une progression croissante de l'orient à l'occident; j'ai noté 14 % à Tunis, 54 % au Maroc.

Il semble que ce phénomène soit dû à l'intensité du soleil provoquant un effet mécanique, une déformation du globe oculaire, car elle porte à un clignement répété, et à une action tonique des muscles intrinsèques de l'oeil, pour limiter le diamètre pupillaire.

L'explication, par la race, du défaut envisagé, est donc tout à fait illusoire, à moins de confondre le caractère ethnique avec

l'hérédité de ces influences de milieu,

Enfin,Donders avait soutenu qu'il existait un certain rapport entre la dissymétrie de la cornée et celle du crâne. Cette assertion n'est pas exacte,sous réserve de la précédente interprétation,limitée à la race.

Divers observateurs,tant en France qu'en Allemagne,se sont ralliés à nos conclusions, (1908 - 1911).

2 - L'acuité visuelle - C'est la vision nette des détails, l'aptitude à la lecture,aux travaux fins tels que ceux des passementiers,bijoutiers,tailleurs,orfèvres,marchands de tissus en couleurs,etc. Nous avions examiné,au moyen de l'échelle de Snellen,117 ouvriers travaillant de longue date dans des quartiers corporatifs couverts,où le soleil ne pénétrait jamais (Souks). Depuis l'âge d'apprentis,ils se trouvaient avoir ainsi séjourné dans les souks pendant une période variant de 10 à 40 ans,et continûment. Sauf dans les cas d'amétropie,notre conclusion fut celle-ci :

"Il ne semble pas que même de grandes variations d'éclairage influent sur l'acuité visuelle;une lumière douce cependant tend à l'accroître sensiblement".

3 - Vision des couleurs - D'autre part,un éclairage modéré favorise la vision des couleurs;l'habitude de voir toujours certaines couleurs les fait reconnaître à plus grande distance;le vert et le bleu sont souvent confondus.

Détail très intéressant,chez des écoliers indigènes (Nord de

l'Afrique),qui lisent sur des tablettes de bois ou sur des feuillets à couleur jaune-paille,l'acuité est légèrement supérieure à la normale,et la vision est très distincte. (1)

La perception rétinienne est donc avantagée par éclairage modéré sur un fond à coloration jaunâtre.

On conçoit l'importance de ces résultats tant au point de vue pédagogique que dans les travaux professionnels.

4 - Pigmentation par le soleil - Sur 265 ouvriers,pris dans les quartiers obscurcis dont il a été question plus haut,deux seulement avaient la peau brunie. Sur demande,ils nous dirent que leur teint foncé était le fait d'un métissage. Tous les autres avaient au contraire le teint blanc et presque pâle.

Nous n'avions pas pouseé loin cet examen;mais les nuancee de la peau sont telles,suivant les contrées et le degré d'exposition au soleil,que nous attribuons à celui-ci la cause première de la pigmentation de l'épiderme. L'hérédité ne fait que renforcer ce caractère acquis.

---

(1) Ce fait donna lieu plus tard à d'intéressantes recherches de la part de Trotter (Brit. Med. Journal,18 mars 1916),de H. S. Jones (The Observatory,t. 40,déc. 1917;London),et de Bayliss (Illuminating Engineer,avril 1918).

II - ÉNERGÉTIQUE HUMAINE ET TRAVAIL PROFESSIONNEL

En 1909 parut, sous le titre : Rendement de la machine humaine, l'ensemble de nos recherches sur le transport des fardeaux et l'alimentation humaine, sur les exercices de bicyclette à différentes allures, recherches poursuivies dans des conditions particulièrement favorables aux applications industrielles. En effet, dans le but d'approfondir le problème du surmenage, les Ministères de l'Instruction publique et du Travail voulurent bien nous charger en 1907 d'une Mission au Nord de l'Afrique, où nous disposâmes de nombreux sujets propres aux besognes de fatigue, et pouvant être soumis à une expérimentation de longue durée, parfois même pénible.

Pendant plus de deux ans et demi, nous étendîmes nos investigations aux trois problèmes suivants:

I° Déterminer la charge à transporter, la vitesse de marche, et la durée effective du travail pour que celui-ci soit un maximum par jour.

2° Etudier le rôle de la fréquence et de la durée des repos, et distinguer, si possible, les aptitudes individuelles (Ouvriers lents ou rapides, endurants ou non).

3° Préciser, par des enquêtes méthodiques, le rôle de l'alimentation, comme quantité et comme qualité. En particulier, avoir égard à la main-d'oeuvre étrangère. Voici un bref exposé des méthodes

employées et des résultats obtenus;

I) Méthodes - Le travail en lui-même consiste à transporter sur l'épaule un sac de lentilles. On modifie la charge du sac entre 40 et 60 Kgs, et la vitesse de marche entre 4 et 6 Km. à l'heure, sur terrains plats.

Les expériences durent, pour chaque sujet, depuis 7 heures du matin jusqu'à 6 heures du soir, sauf interruption de midi à 1 heure et demie, soit 9 heures et demie de travail.

Pour chaque charge et chaque vitesse de marche on adopte des intervalles de repos de 1 à 5 minutes, à chaque parcours de 1 Km, parfois de 600 et 500 mètres. D'autre part, on évalue la dépense d'énergie des 24 heures sur l'homme au repos (gardé dans une cour où il n'a aucun travail à fournir), dépense calculée d'après la ration alimentaire d'entretien : si cette ration répond à la dépense du repos, elle devra maintenir constant le poids du corps.

On détermine de même la valeur énergétique de la ration d'entretien du sujet les jours de travail. La différence entre cette dépense et la précédente mesure la dépense d'énergie dynamique, celle qui est strictement consacrée au transport d'une charge donnée dans des conditions également spécifiées.

Il est nécessaire d'ajouter que nos hommes étaient des cultivateurs, des porteurs de fardeaux, débardeurs, etc. Et tous, pour nous conformer à un principe dont nous avions vu par ailleurs l'importance, recevaient les aliments auxquels ils étaient habitués, préparés suivant la coutume locale. On n'en modifiait que la quantité.

Ces ouvriers possédaient un certain entraînement; ils travail-

laient en régime libre,parcourant un terrain vaste et bien aéré, ne répugnant pas aux excès de fatigue dont se pouvait déduire la limite d'une activité normale.

La même méthode a servi à étudier le transport des fardeaux sur escaliers;on effectuait un certain nombre de voyages,en prenant,après chaque voyage (montée suivie de descente),un court repos de 1 à 2 minutes.

Mais,pour expérimenter sur l'homme qui s'élève sur un plan incliné,et déterminer l'influence des variations de cette inclinaison,il a fallu abréger la durée des expériences,et opérer au Laboratoire. Le plan consistait en planches raccordées développant une longueur de 12 mètres,les pentes étaient fortes,allant de 8 à 13 centimètres par mètre.

Cette circonstance nous a conduit à mesurer la dépense d'énergie,non pas d'après la ration alimentaire d'entretien,mais d'après la quantité d'oxygène qui se trouve consommée en excès sur l'état de repos. C'est là une méthode très fidèle,qui a fait longuement ses preuves et qui n'est plus discutée. Avec une alimentation normale,on peut prendre 4,90 grandes calories comme l'expression énergétique du litre d'oxygène mesuré à 0° et 760 m/m.

L'avantage de l'évaluation par l'oxygène est de pouvoir considérer des périodes de travail de quelques minutes seulement,et d'obtenir immédiatement la mesure de la dépense dynamique.

L'outillage nécessaire à la récolte des gaz respiratoires,à leur fractionnement,à leur analyse,pour en déduire le volume d'oxygène consommé,comprend généralement un spiromètre,un appa-

reil à échantillonnage,et une soupape à double valve s'adaptant à la bouche du sujet,pendant que le nez est pris dans une petite pince en bois aux mors feutrée.

Tout ce dispositif est simple,correct,et sans fatigue pour l'homme,sans gêne pour son travail.

Il convient,notamment,à l'étude de la marche en bicyclette. On a monté celle-ci sur un bâti fixe et robuste,la roue d'arrière frottant contre un ruban d'acier pour créer une résistance analogue à celle du roulement sur le sol. Le ruban est tendu en avant par des poids,en arrière il s'attache à un dynamomètre qui accuse la valeur du frottement en marche;on freine à volonté.

2) Résultats - Dans ces divers modes de locomotion,les conditions des meilleurs rendements sont :

a) Marche en palier - Le plus grand effet journalier veut une charge de 45 Kg.,une viteese horaire de 4 Km. 800,et une durée de travail de 7 heures et demie,avec repos de deux minutes tous les 600 mètres.

L'homme,-adulte de 25 à 40 ans,-peut ainsi transporter les 45 kilog. sur un parcours de 26 km.;dans I cas sur I5,la distance fut même de 30 kilomètres.

Mais si la vitesse horaire s'élève à 5 km. 500,la parcours tombe au voisinage de I2 km.,soit une diminition de moitié, quelque combinaison que l'on adopte pour les repos.

Evaluant le travail de transport des fardeaux d'après le poids total de l'homme chargé multiplié par la distance parcourue en mètree,nous trouvons un rendement maximum de 3 millions de mètres-kilogrammes (Mkg),et une moyenne générale de 2 500 000.

Mesurant, d'autre part, en petites calories (mille fois plus petites que les grandes), la Dépense dynamique stricte, nous aurons un tiers de calorie environ comme prix du mètre-kilogramme. Ce résultat est remarquable. Divers auteurs (Zuntz, Frentzel, Reach) avaient obtenu--et nous aussi d'ailleurs--I/2 calorie. L'économie ci-dessus s'explique par l'entraînement spécial des hommes étudiés, excellents marcheurs de père en fils, et par la pratique de la marche en flèxion. On sait que ce genre de marche réduit les oscillations du corps et diminue la fatigue.

La moyenne de 2 500 000 Mkg. par jour est également indiquée par les expériences de l'ingénieur américain Taylor, encore que ce ne fût pas par une méthode physiologique. Un tel accord valait, néanmoins, d'être mentionné.

LE PIÉTINEMENT.- Accesoirement à l'étude de la marche, nous avons fait celle du piétinement dont l'usage est répandu dans l'Infanterie. Le piétinement n'est autre qu'une marche sans progression, où le traval musculaire des jambes et celui des oscillations du corps conserve toute sa valeur.

Admettons comme nulles les oscillations latérales, et supposons que, dans le piétinement, seules les jambes soient en mouvement, exécutant un certain nombre de flexions et d'extensions à une cadence N par minute. A cet effet, la soupape respiratoire est maintenue sur un support fixe; le sujet se place sur une planche massive où sont attachés deux liens, tout près des talons; les liens rejoignent, d'autre part, deux colliers passés autour des cous de pieds, et limitent ainsi la course verticale des jambes.

Pour ne prendre qu'un exemple parmi plusieurs, un adulte de 65 kg. environ dépense à chaque pas et par kg. de son poids :

0°,16 0°,178 0°,191 0°,206 et 0°,220 aux cadences de :
N = 76 85 94 103 et 113.

La dépense est de la forme : d = aN + b.

Les constantes a et b varient avec la hauteur de soulèvement des jambes; ici, la hauteur fut de 0,m 13.

Le piétinement est une pratique anti-économique; il coûte le tiers et parfois la moitié du pas marché. Il serait encore plus onéreux si le tronc obéissait à ses oscillations habituelles. Certains exercices industriels reviennent à un véritable piétinement (action sur pédales, transport à bicyclette, etc.).

b) DÉPLACEMENT SUR ESCALIER.- S'agit-il, maintenant, d'étudier le transport des fardeaux sur escaliers, en s'élevant et descendant plusieurs fois par jour? Le même mode d'expérimentation que plus haut a donné, pour le rendement maximum :

Charge 40 kg. Hauteur moyenne 4 m 50. Vitesse horaire 430 mètres. Durée par jour 7 heures.

On avait fait suivre chaque voyage d'un repos de deux minutes. Mais il eût été possible de diminuer ces repos et de les faire moins fréquents. A cet égard, nos expériences ne furent pas assez nombreuses. Toujours est-il que le prix du kilogrammètre d'ascension fut de 8 petites calories, et le travail journalier de 200000 kgm. en moyenne. Dans des cas exceptionnels, on avait pu atteindre à 250 000 kgm.

Il est à noter que, d'après les résultats précédents sur les prix du mètre-kilogramme (0,°50) et du kilogrammètre (8°), le rapport énergétique de celui-ci à celui-là est égal à 16, soit $\frac{8}{0,50} = 16$.

D'autre part, nous fondant sur diverses et solides expériences, nous avons admis que la dépense d'énergie nécessaire pour descendre un

escalier représente les $\frac{52}{100}$ de celle que réclame l'ascension. On comprend donc le principe des calculs qui nous ont donné en kilogrammètres moteurs le travail total journalier dans le déplacement vertical. Il n'y a pas à insister sur les applications professionnelles.

c) Marche sur plan incliné - Zuntz et Schumburg (1899) avaient étudié la marche sur les plans inclinés de I,m/m 89 à 65 m/m par mètre, mais dans des conditions certainement incorrectes, à raison des hypothèses admises, et des calculs non vérifiés. Il eût fallu, pour une étude complète, employer un tapis roulant.

Une telle installation est coûteuse.

Comme on l'a dit ci-dessus, notre plan en bois avait une pente variant de 80 m/m. à I30 m/m. par mètre, soient 0,08 et 0,m I3. Le sujet marche à la même allure, tantôt sur le sol horizontal, tantôt sur le plan; nous mesurons la consommation d'oxygène par montée, puis par descente. La vitesse est de 3 Km. 700 à l'heure, au rythme de I00 pas; l'homme pèse 66 kilogrammes; la seule charge étudiée est un havre-sac de 7 Kg.300.

On a trouvé les résultats suivants:

Pente du plan	Homme + charge	Coût du mètre-kilogramme		
		Ascension	Descente	Palier
0,m08	66 Kg.	I,^{c}00	0,^{c}85	0,^{c}4I
	66 + 7,3	I, 50	I, I3	0,49
0,m I3	66 Kg.	I, 80	I, 00	"
	66 + 7,3	2,20	0, 84	"

On voit que, dans l'ascension, la dépense augmente proportionnellement à la pente, pour une charge donnée . (I)
Retranchons le prix du mètre-kilogramme en palier des valeurs trouvéee; nous aurons:

$$1^{c},00 - 0^{c},41 = 0^{c},59 \quad \text{et} \quad 1^{c},80 - 0^{c},41 = 1^{c},39$$

Il s'ensuit que l'élévation de I Kg. à 8 centimètres, ou un travail de 0 Kgm.08 coûte $0^{c},59$, soit $7^{c},40$ environ par Kgm. dans un cas, et $\frac{1,39}{0,13} = 10,^{c}69$ dans le second cas. Les fortes rampes sont donc très onéreuses.

A la descente, on trouve $5^{c},50$ et $4^{c},53$ par Kgm. résistant, et les fortes rampes paraissent économiques, tout au moins entre $0^{m},10$ et $0^{m},13$.

En général, si on appelle L le parcours en palier et i la pente en centièmes, le parcours L' énergétiquement équivalent, sur terrain incliné, s'obtient comme suit :

Sur rampes : $$L' = \frac{L}{1 + 16\, i}$$

Sur déclivités : $$L' = \frac{L}{1 + 10\, i}$$

Ces relations sont approximativee, mais très suffisantes en pratique

d) Expériences sur cyclistes - L'objet de ces expériences dans lesquelles l'homme agit sur un bicycle fixe à frein dynamométrique, était de tenter l'analyse du travail musculaire en s'adressant aux muscles les plus entraînés: ceux des jambes .

Modifiant le nombre de coups de pédales par minute, ou l'effort par coup de pédale, ou la durée totale d'une action continue,

---

(I) Depuis (Publication N°23I: Washington I9I5), les Américains Bénédict et Murschhauser ont réalisé une belle installation d'études et retrouvé la plupart de nos résultats.

il était possible de déterminer le rôle de chacune de ces variables. En particulier, on mesurait le travail de plusieurs heures, la dépense d'énergie correspondante, et on en déduisait le rendement net des muscles.

Nous pouvons immédiatement formuler cette conclusion: Le rendement net des muscles des jambes, pour des sujets robustes et bons marcheurs, atteint 32% en moyenne. Il serait difficile, avec un moteur thermique, même à combustion interne, d'obtenir un aussi beau résultat. Mais on ne trouve que de 20 à 25 % sur la plupart des personnes dont le degré d'entraînement est inférieur à celui des précédentes.

Ce qui est important dans les nombreux résultats que nous avons pu recueillir, sur plus de 80 sujets et pendant deux année d'études, c'est que le rendement des muscles s'améliore au fur et à mesure du travail. Exemple :

Travail de 54 993 Kgm. sur bicycle à frein

Temps	Travail	Rendement net %
Iére heure	I3 748,25 Kgm.	29,33
2e "	I3 748,25	3I,23
3e "	I3 748,25	33,8I
4e "	I3 748,25	35,03
4 heures	54 993,00 Kgm.	32,20

Et d'autre part, en variant la vitesse :

	Vitesse par minute	Travail horaire	Rendement net %
(I)	70 coups de pédale	32 079 Kgm.	25, 10
	80 " "	38 592	26, 70
	90 " "	48 481	28, 40
(II)	90 " "	66 661	30, 60
	100 " "	71 636	25, 80

De sorte que l'effet de la vitesse se fait sentir favorablement jusqu'à une certaine limite, puis change de sens. Il ressort également, de ces observations, que le rythme normal des coups de pédale, c'est-à-dire le plus économique, est de 90 à 92 par minute.

Enfin, si la bicyclette convoie une charge P portée sur un véhicule à roues ayant le même diamètre, l'allure sera :

$$v = \frac{35}{\sqrt{P}} \quad ,$$

où v est exprimée en Kilomètres à l'heure.

MARCHE de la MACHINE HUMAINE - Loi du Repos -

Par l'usage du bicycle, nous avons constaté que pour évaluer la dépense d'énergie correctement, il faut attendre que l'activité des muscles soit en plein régime. Et la marche normale, à vitesse constante, si difficile à réaliser rigoureusement dans nos machines usuelles, nous nous sommes assuré que l'homme y at-

teint rapidement, grâce à la coordination des sensations et des mouvements, à ce que d'autres ont appelé " le Sene musculaire ", qui est le sens de la résistance, grâce en un mot, aux centres nerveux. La période de tâtonnement, la"mise en train"est d'autant plus courte que le sujet a une plus longue expérience de son travail, et que son "équation personnelle" est plus faible. La marche normale persiste tout le temps que la fatigue n'a pas diminué l'excitabilité musculaire; dans lee cas extrêmes, cette fatigue se fait sentir eur les centres nerveux eux-mêmes et trouble la coordination.

Certains traits de la marche du moteur humain doivent être signalés. Lore de la mise en train, la dépense d'énergie s'accélère brusquement ; le volume d'oxygène conecmmé dépasse tellement celui du gaz carbonique éliminé, que le rapport $\frac{CO^2}{O^2}$, ou oxygène ------ gaz carbonique, subit un ~~...~~ abaissement de I5 % environ par rapport à sa valeur moyenne .

On sait que ce rapport volumétrique est désigné du nom de Quotient respiratoire .

Au bout de 2 à 3 minutes, la ventilation devient régulière. En répétant la mise en marche plusieurs fois, après des intervalles de repos de quelquee minutes, on conetate un abaissement moins sensible du Quotient respiratoire. Ce qui semble indiquer une adaptation du eujet à la marche normale, adaptation qui atténue les écarts de la dépense.

L'état de régime une fois atteint, la dépense s'accélère peu à peu; des groupes musculaires jusque-là inactifs interviennent dans le travail; les réactione chimiques qui fournissent l'énergie sont plus rapides et gagnent en étendue. Au bout

d'une demi-heure , cependant, la dépense est presque régulière, uniforme, et peut être évaluée d'après l'oxygène consommé.

Enfin, si l'arrêt du travail vient à se produire, la dépense ne retombe pas à sa valeur du repos; elle y tend d'autant plus vite qu'elle s'était élevée davantage, , c'est- à-dire que le travail avait été plus rapide. La loi du repos, qui exprime cette fonction décroissante, à la même allure que la loi de Newton sur le refroidissement des corps chauds. Ceci est très important, puisque le travail rapide, dans certaines limites , aura le grand avantage d'être économique, et le moins persistant dans ces effets physiologiques.

Les échanges respiratoires subissent une perturbation de sens inverse à celle du début : le gaz carbonique s'élimine relativement en plus grande quantité que l'oxygène n'est absorbé; on note donc une élévation du quotient respiratoire , ainsi que l'avait constaté Katzenztein en I89I.

La loi du repos est à même d'assigner la durée des intervalles de repos, des haltes, au cours de la journée ouvrière. Nous lui attribuons un rôle décisif dans l'organisation contre le surmenage.

Au point de vue du travail professionnel, l'analyse précédente conduit à n'entreprendre l'évaluation de l'énergie dépensée qu'en régime normal, en l'absence de toue accidents, toujours possibles quand il s'agit de besognes dures. C'est notamment l'allure des phénomènes respiratoires qui doit retenir l'attention. D'un instant à l'autre, le débit pulmonaire augmente au cours du travail et tend vers un certain équilibre dès la 2e heure; il ne saurait y avoir d'irrégularités, d'oscillations importantes dans ce débit, sinon les conditions physio-

logiques sont défectueuses; il y a de l'essoufflement, de la dyspnée , et cette gêne respiratoire est parfois imputable à une attitude maladroite de l'ouvrier, ou à des vêtements trop serrés. L'exemple suivant rend visible l'allure du débit respiratoire pour un homme travaillant 5 heures de suite, sans troubles pour l'organisme:

Débit horaire de la respiration

(en litres)

Jours	Ière heure	2e heure	3e heure	4e heure	5e heure
Ier	842 1.	I 05I 1.	I 074 1.	I 079 1.	I 080 1
2e	878	I I39	I I67	I I87	I I88
3e	896	I 063	I I22	I I28	I I33
Moyenne	872 1.	I 084 1.	I I2I 1.	I I8I 1.	I I33 1

Pour que de tels volumes d'air soient constamment purs, il est nécessaire - celà est manifeste - que les usines et les ateliers aient une ventilation convenable.

Non moins important que l'état de la respiration, celui de la circulation du sang mérite une grande attention. Le nombre des pulsations s'élève en fonction de la puissance musculaire développée, mais pour une valeur à déterminer de cette puissance, il n'augmente plus, et alors la fatigue devient très rapide C'est là un problème, capital. Nous l'avons approfondi en mon-

trant qu'il existe des signes respiratoires et circulatoires propres à déceler la limite normale de la fatigue, le seuil du surmenage.

PSYCHOGRAPHIE.- Quand on a franchi cette limite, il se produit aussi des retards dans l'équation personnelle, dans les réactions gouvernées par nos sens: vue, ouïe, tact. Entre l'impression lumineuse, sonore ou tactile, et la réponse du sujet (pression d'un doigt sur un tambour inscripteur), il s'écoule un intervalle de temps. Celui-ci est plus ou moins long suivant qu'il y a fatigue physique ou mentale, un bon ou un mauvais entraînement, une lenteur d'origine éthnique ou pathologique, etc.

Le psychographe fut inventé par nous à l'effet de mesurer, graphiquement, sans erreur possible, ces temps de réaction. On a obtenu, comme moyennes générales :

Temps de réaction :	Visuels	Auditifs	Tactiles
Durée en $\frac{I''}{I00}$	2I	I6	I5 ,

avec une tolérance de I0 p. I00 au maximun. Si la personne doit choisir entre deux couleurs avant de répondre, elle ajoute à sa réaction un temps de discernement égal à I4 centièmes de secondes.

L'aspect même des courbes motrices, étalées ou ramassées, plates ou hautes - correspond au caractère lent ou vif du sujet, et au degré de fatigue s'il y a lieu.

Pour l'examen des actes nerveux, de l'adaptation cérébrale aux métiers de vitesse, notamment chez les femmes, rien jusqu'ici ne remplace les données psychographiques. Elles ont pour elles

d'être exactes, fidèles et impartiales, de constituer de véritables constantes anthropométriques .

Enfin, l'obturateur à diaphragme - iris, employé dans le Psychographe, permet de modifier la grandeur de la surface lumineuse, de faire passer un nombre déterminé d'éclairs, et ainsi de mesurer l'acuité visuelle là ou elle doit être excellente (signaleurs, employés de phares, de chemin de fer, peintres.etc)

INFLUENCES DIVERSES SUR LE RENDEMENT OUVRIER -

Au cours de ces études, différents facteurs, externes ou internes, du rendement en travail de l'homme, furent élucidés .

1° Effet de la température - C'est au voisinage de 15 à 17°, comme température du milieu, que l'ouvrier travaille le plus longtemps et avec le moins d'incommodités; sa production est, d'ailleurs, plus économique et sa fatigue plus supportable. Aux environs de 30°, le rendement journalier diminue très nettement, parfois du tiers de sa valeur.(1)

2° Effets de la vitesse et de l'effort déployé - Ainsi que nous l'avons établi ci-dessus, après Chauveau, la vitesse est le facteur d'économie; il existe pour les mouvements ou contractions musculaires, un rythme optimum grâce auquel on travaille avec la moindre fatigue, et produit le plus d'ouvrage. Ce rythme peut être déterminé dans toutes les professions . Par exemple, chez le limeur qui manoeuvre une lime N° 2 (dite demi-douce) pour enlever de la limaille de laiton, le rythme doit être de 70 coups

---

(1) Une température optimum de 15°50 fut retrouvée par Ellsworth Huntington (Proceed. América, III, 127; février 1917).

par minute. Dans le transport des fardeaux, nous avons vu plus haut comment la vitesse de marche doit varier avec le poids transporté.

Quant à cette charge, c'est un principe général qu'il est plus économique de la fractionner, et de compenser ce fractionnement par une plus grande vitesse de travail, en prenant, d'ailleurs, de fréquents et courts intervalles de repos (voir ci-dessus). Ces principes et la loi du Repos fixent les conditions les plus favorables de l'activité humaine.

3° Effets de l'alimentation - Mais l'alimentation devait faire l'objet d'expériences à part.

Tout d'abord, nous avons vérifié, après Chauveau et Atwater, que les hydrates de carbone sont les véritables aliments dynamogènes, particulièrement appropriés au travail, qu'ils l'emportent, à cet égard, sur les graisses et les albuminoïdes.

Pour remettre en état le sujet inanitié, le ramener peu à peu à son poids normal, et lui faire retrouver ses forces, il faut lui fournir une alimentation contenant 2 gr. d'albuminoïdes environ par kilo de poids du corps, et compléter la ration par des féculents. Ce régime a un effet plus utile et plus rapide que tout autre; les graisses seront dans la proportion de 0,7 pour Id'azotés .

Pour favoriser l'action énergétique de l'alimentation, on peut y introduire certaines substances qui remplissent une fonction "d'épargne" . Nous nous sommes assuré que le café, le thé, et certaines épices (piment, etc) réalisent une épargne de $\frac{I}{I0}$ à $\frac{I}{8}$ sur la dépense d'énergie ; mais il y a la mesure . (I)

Les heures de repas ont, elles aussi, une importance écono-

(I) Voir les détails dans Le Moteur humain, p. 286

mique lorsqu'elles précèdent de une heure le moment du travail, le régime étant hydrocarboné; elles doivent précéder de deux heures quand l'alimentation est albuminoïde . En général, et vu le régime ordinaire des ouvriers, il faut leur faire commencer le travail une heure et demi après le repas, pas moins. Dans ces conditions, la dépense d'énergie journalière économise 5 % environ .

4° Effets de la taille des sujets - Nous signalons , enfin, qu'une statistique de 2.600 cas nous a permis d'établir un rapport intéressant entre la hauteur du buste et celui de la taille totale . Ce rapport est voisin de 0,54 chez les personnes très robustes, convenant aux besognes les plus dures . Chez les autres, il oscille autour de 0,53,: c'est la moyenne . Au-dessous de 0,53, on est en présence de constitutions faibles, débiles, tout au moins impropres à la fatigue physique.

Il est clair que tous ces éléments, relatifs à l'état physique et mental, aux dispositions naturelles de l'individu, peuvent prendre place dans une fiche d'aptitudes, et guider l'utilication rationnelle des employés et ouvriers. Nous avons visé par là le moyen de réduire la journée de travail en élevant la production et respectant la santé des travailleurs .

On verra plus loin un modèle de fiche d'aptitude, telle que nous l'avons préconisée et fait adopter en divers pays .

RECHERCHES MÉCANIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LES MÉTIERS -

Si le transport des fardeaux trouve de nombreuses applications

dans les arts de la guerre et de la paix, il en n'est pas moins certain que c'est celui dont l'étude est la plus facile. Mais en s'adressant aux manœuvres d'outils on se heurte à de grandes complexités .

Nous en donnerons l'exemple suivant, relatif à l'art de l'ouvrier limeur, Ce qu'il s'agit ici de mesurer , c'est la dépense de forces de l'ouvrier pour presser l'outil sur le métal et pour lui imprimer un va et vient répété; c'est donc d'un côté le travail mécanique et l'ouvrage produits, de l'autre, le travail musculaire et la fatigue qui leur correspondent.

Pour toutes ces évaluations, il a fallu trouver une bonne technique, susceptible d'enregistrer les efforts exercés sur la lime .

On s'est alors ingénié à rendre l'outil lui-même dynamographique, inscripteur, donnant les forces agissant sur le manche et à l'extrémité libre, et enfin, la pression supportée par l'étau.

On calcule l'effort de progression de la lime, et on a le travail, d'après le parcours de l'outil.

En même temps, on mesure la dépense d'énergie par la quantité d'oxygène consommé, ainsi qu'il a été dit plus haut. Et on se guide sur cette évaluation pour étudier l'influence de la position de l'ouvrier, de la vitesse de son travail, des intervalles de repos, des qualités manoeuvrières, des impotences s'il en existe, etc.

La conclusion à déduire d'une série de 62 expériences, fut la suivante:

" Le corps de l'ouvrier doit être vertical et sans raideur, distant de 0,20 de l'étau, et ce dernier au niveau de l'ombilic; la position des pieds telle que leur angle d'ouverture soit de

68°, et la distance des talons de $0^m,25$; le bras gauche en complète extension et appuyant sur l'outil un peu plus que le bras droit : 8 Kg.500 et 7 Kg.500, avec un effort utile de 8 Kg. Les retours de la lime doivent consister en un simple glissement, sans appui des bras. Enfin, le rythme des mouvements s'élève à 70 par minute.

" Toutes ces conditions étant remplies, on fera suivre un travail de 5 minutes de I minute de repos complet, les bras tombant le long du corps. Respirations et pulsations ne subissent alors qu'un accroissement moyen de 25 et 20 % par période, comparativement à l'état de repos . La fatigue locale de l'avant-bras est supportable, et la fatigue générale se laisse voir à peine.

Le travail maximun, ainsi produit, est au moins double du travail habituel de la grande majorité des ouvriers."

Ajoutons que dans le cas des apprentis, la dépense de force se fait avec un gaspillage d'environ 60 % pour le même effet utile, et qu'elle s'accompagne d'une tendance à l'essoufflement. Le graphique des efforts est très accidenté, le rythme élevé, les oscillations du corps assez prononcées; toutes choses que par une éducation appropriée, par la vue des tracés et les explications fournies, nous avons réussi à supprimer chez les apprentis dressés par nos soins . En deux ou trois mois , ils avaient fait autant de progrès, nous déclarait un patron , qu'à la suite d'un séjour d'un an dans les ateliers.

Nous avons publié en partie, et nous continuons, dans ce même esprit, des recherches sur le forgeage, travail pénible et important;et sur la manoeuvre de la varlope, de la scie, etc.

L'objet constant de nôtre analyse, c'est de mettre en évi-

dence les relations générales du travail, et de la fatigue, car c'est d'elles, en définitive, que dépend la solution du problème fondamental de l'industrie: meilleur rendement de l'énergie humaine, ou encore plus grand travail à fatigue égale,

Le système de Taylor a donné une illustration remarquable à l'application industrielle des lois d'organisation .

On a déjà dit que notre système se préoccupe, en même temps , de rassurer le monde ouvrier sur la crainte, très légitime, du surmenage .

ACCIDENTS DU TRAVAIL ET BLESSURES DE GUERRE .- Les règles et la technique que viennent d'être formulées ont servi à évaluer les pertes de capacité de travail par suites d'accidents (paralysies, raideurs, fractures mal consolidées, etc.)
On les a fait servir, depuis la guerre de 1914, aux blessés et mutilés.
A cet égard, nous avions exposé au Service de santé un véritable programme, adopté par toutes les nations alliées, et dont voici les lignes principales: (1)

a) Rééducation fonctionnelle. Le blessé doit être soumis à un traitement fonctionnel, une sorte de rééducation des mouvements ou des sens, pour lui faire récupérer le maximum possible de validité .

Dans ce but, nous avons constitué des appareils appropriés à ce genre d'entraînement, et qui ont le mérite de servir aussi à l'évaluation des invalidités. Bien mieux, l'enregistrement

---

(1) IL a été publié en entier, à la fin de la guerre, dans L'Actualité Scientifique de Janvier 1919 .

graphique qui en est la loi décèle la simulation ; car toutes les fois que les courbee eont dissemblables, elles traduisent cette simulation .

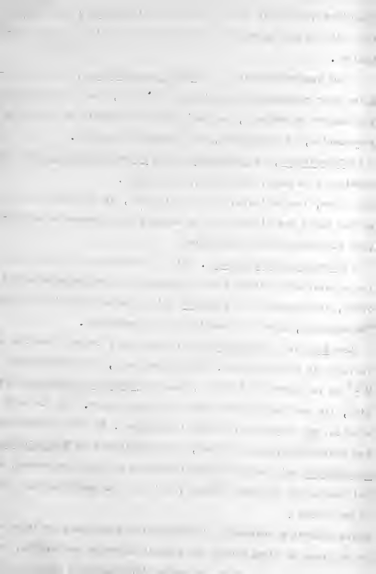
Les appareils sont : Le Cycle ergométrique , avec see pédalee pour rééduquer les membree inférieurs, une manivelle pour lee membree eupérieurs, et une gouttière spéciale en vue de la rééducation, ei néceeeaire, des moignons d'amputée.

Le Chirographe, le Gyrographe et la Poire Dynamographique sont destinée à la main, aux doigts, au poignet.
Une a une, lee articulations eont isolées, et soumieee à une action telle que l'effort et la cadence dee mouvemente augmentent par transitions insensibles.

b) Prothèee orthopédique . Maie il tombe eoue le sens que lee amputations doivent être compeneées par des organee artificiele, dee appareils de prothèse qui permettent de bien utilieer les moignons, aprèe rééducation de ces derniers .

Lee Bras et lee Jambee AMAR ont répondu à cette néceesité de la façon la plue heureuse. Décrits par noue, à la demande du Mère de la Guerre (Mai I9I6), dane un Cahier dee Charges officiel, ile se sont répandue dans le monde entier. Car ils eont simplee, et conçus pour éviter la fatigue . En vue d'expertiser lee modèles proposés à l'Etat, nous imaginâmee un Trottoir dynamographique qui fournit quatre phasee du pas dane la marche, et qui décèle les moindees défaute, soit que la jambe tourne, boite ou fauche .
Cette méthode a indroduit l'appréciation impartiale de la eciençe en place de l'empirieme qui régnait alors en orthopédie; et elle a guidé dans la voie des perfèctionnemente un grand nombre de spécialistes de cet ART.

c) Rééducation profeeeionnelle .C'eet aprèe ces deux pério-



des - ou la Ière seule, s'il n'est pas besoin de membres artificiels - que le blessé reçoit la rééducation professionnelle. Il est inutile de développer ce problème; plusieurs de nos publications en ont parlé longuement et nous avons vu, avec plaisir, que partout on s'est rangé à notre programme, et servi de nos appareils.

d) Evaluation des invalidités . Tandis que les blessés défilent ainsi devant les instruments , on mesure leur invalidité. Les résultats numériques déjà obtenus forment une partie d'un Barême vraiment scientifique, qui est en cours de préparation. Ce qui en a paru, savants et industriels l'ont approuvé; les journaux de mutilés non moins. Nous nous contenterons de faire suivre ce résumé des Fiches d'Aptitude se rapportant au valide ou à l'invalide; le type est le même dans les deux cas.

MODE DE RÉDACTION D'UNE FICHE D'APTITUDE .-

Quelle que soit donc la personne soumise à l'épreuve d'aptitude, homme ou femme, employé ou ouvrier, on déterminera expérimentalement son rendement psychique, ses aptitudes professionnelles. Dans l'usine ou à l'école, il y aura un service physiologique destiné à ces observations, pour mettre la personne à la place où elle produira sa pleine mesure. L'aspect d'un Service est celui de la figure ci-après, qui dispense de toutes explications.

Les Chefs d'industrie ont, par là, le moyen de faire prospérer leurs affaires. Car, en organisant suivant ces principes le travail et l'outillage, ils accroissent la production et se trouvent à même d'accorder des salaires élevés, des traitements convenables.

[illegible]

[illegible]

Tableau

Laboratoire de
Recherches sur le
Travail professionnel
Téléphone: Archives 10-99

Direction

Conservatoire National des Arts-et-Métiers
292, Rue Saint-Martin.

Paris, le ______ 191_

Fiche d'aptitude au travail

Imp. Ferière et Cie Paris (10-15)

Sujet N°:

Nom:
Prénoms:
Age:
Situation militaire:

Blessure reçue le:
- Lieu:
- Cause:
- Région:
- Interventions:
- Tissus lésés:
- Complications:
- Résultats:

Profession antérieure:

Personnes à sa charge:
- Femme:
- Enfants:
- Parents:

Aptitudes physiques

Poids:
Taille:
- Debout:
- Assis:

Coefficient thoracique:
Liberté des mouvements:

Longueur du membre sain:

Dimensions du ou des moignons:

Puissance musculaire utile:

Etat physiologique du sujet:

Perte de capacité fonctionnelle:

Appareil de prothèse approprié:

Aptitudes psycho-physiologiques

Degré d'Instruction:
- Générale:
- Technique:

Etat des réflexes:

Equation personnelle:

Vocation:

Goûts:

Caractère:

Orientation professionnelle qui convient:

Aptitudes professionnelles

Etat du réapprentissage:

Dispositions à observer dans le travail:

Durée probable de la rééducation:

Perte de rendement journalier du sujet:

Observations générales:

Signé: Le Directeur,

L'intérêt gouverne le monde. Fncore faut-il n'en exclure personne, en le solidarisant avec le travail. (I)

TRAVAUX DIVERS DE PHYSIOLOGIE .- Nous terminerons cet exposé en mentionnant quelques autres recherches dans le domaine de la physiologie.

I° Théorie de la fatigue . Le coup de chaleur .-

L'examen des conditions du surmenage nous a appris que celui-ci peut être retardé par l'effet d'une accumulation d'oxygène dans le sang, ou simplement en produisant quelques inspirations profondes.

Il n'y a pas à supposer un autre rôle pour l'oxygène que celui de destructeur des subtances ponogènes, des toxines de fatigue.

Or, durant la Mission aux colonies dont il fut parlé plus haut, nous acquîmes la preuve que les inspirations profondes étaient un moyen de lutter contre le coup de chaleur . Ce dernier devenait rare, même au soleil, quand on faisait provision d'oxygène, qu'on laissait libre la respiration- en desserrant les vêtements et rompant les rangs; - tandis que sa fréquence augmentait, même à l'ombre, quand on se fatiguait et respirait mal . Une cause identique réside donc ici et là; et l'on doit se défendre par l'oxygène du sang contre la fatigue et le coup de chaleur . (II)

(I) Un éloge de notre système fut fait à la société américaine des ingénieurs mécaniciens, en décembre I9I7(New-York ; voir Bulletin), et le Professeur Frédéric LEE, de Colombia, publia, à son sujet, un intéressant volume: The Human Machine and Industrial Efficiency (New- York, 1918).

(II) Des ordres furent donnés en conséquence au G.Q.G., durant la guerre, à la suite de notre étude; et les résultats furent excellents(voir le Bulletin des Armées du 7 Août I9I7).

2° La Sensibilité chez les amputés et le Phénomène de Weir-Mitchell. Ce sont encore des militaires, mais amputés de bras ou de jambes, qui attirèrent notre attention sur le phénomène connu de Weir-Mitchell, ou de l'hallucination de la partie amputée (pied ou main).

Explorant la sensibilité au toucher, à la pression, sur divers points et à diverses époques, nous reconnûmes que l'amputé localise mal le contact. Touché sur la section, il localise à la surface latérale du moignon: c'est le Rejet latéral. Et il rejette le contact d'autant plus loin de l'endroit touché réellement que la dégénération nerveuse est plus marquée. Par un actif entraînement fonctionnel, la sensibilité renait et marche vers la périphérie; le fourmillement qui produisait l'hallucination, s'atténue, puis disparaît. Weir-Mitchell eut tort de dire qu'il était permanent. Dans ce même esprit d'éducation de la sensibilité nous créames un appareil, la Platine esthésiographique, pour mesurer l'acuité tactile chez les aveugles, et en suivre peu à peu le développement.

3° Lois de la cicatrisation des plaies. Des recherches de CARREL et ses collaborateurs, faisant suite à celles de RANVIER (1892), venaient de conduire à une formule à laquelle on accordait le mérite de fixer d'avance le temps qu'emploierait une plaie à se cicatriser(1). Par des faits sur la prolifération des Infusoires, et en invoquant la théorie, nous établîmes qu'une telle formule est chimérique, du moins dans les conditions actuelles de la science. Nous fîmes ressortir l'influence de l'âge, de la température, de la gravité et du siège de la blessure, et du mode de

(1) Leconte du Noüy, Thèse Université Paris, 1917;- JULES AMAR (L'actualité scientifique, août- sept. 1918).

traitement . Le rôle accélérateur de la température dans la cicatrisation fut ensuite vérifié, et donna lieu à un mode thérapeutique par l'air chaud .(2)

La cicatrisation rentre dans les lois de la croissance.(3)

4° Expériences sur les propriétés des muscles .- Dans une série d'expériences, on a mesuré la résistance des muscles à la rupture, et trouvé une moyenne de 45 gr. par m/m² chez les gastrocnémiens de grenouille.

Lorsque ceux-ci ont subi des altérations, par suite de lésions nerveuses, ou se sont atrophiés par ankylose des articulations, la résistance varie très peu; il faut que l'atrophie soit ancienne pour produire une diminution de 20 à 25 p.100.

Par contre, l'amaigrissement saisonnier, ou la maigreur individuelle, ne changent pas la résistance des muscles. L'évolution du sarcoplasma, que GAULE, après MIESCHER, attribue à l'autolyse, ne modifie guère la ténacité du myoplasma, des fibres contractiles proprement dites; cette ténacité peut être évaluée à 60 gr. au millimètre carré.

D'après ces données, il faudrait un effort de 360 Kg. pour rompre les muscles jumeaux d'un adulte. -

---

(2) Voir, Réunion médico-chirurgicale de la XIII[e] région (Communication des D[rs] BELOT et DECHAMBRE, fin juin 1918).

(3) Admis plus tard par FAURÉ-FREMIET et VLÈS (Comptes Rendus du 17 février 1919, T. 168 p. 363).

5° Respiration normale et pathologique ;- Enfin, des recherches sur la respiration nous ont conduit à des résultats jusqu'ici entièrement insoupçonnés.

Nous avons pu établir que la ventilation pulmonaire d'un sujet sain, soumis à un exercice réglé, s'élève d'après une courbe déterminée; que les échanges gazeux avec le sang suivent une intensité dont on peut donner la loi mathématique.

Le Coefficient hématopnéique a été déduit des expériences dont cette loi était l'aboutissement.

Toutes les fois que la respiration ne se conforme pas à cette loi, que le coefficient hématopnéique n'est pas vérifié exactement, on est en présence de conditions pathologiques, de troubles pulmonaires, d'intoxications, etc.

Les nombreuses applications que nous envisageons, à cet égard, ne peuvent être résumées en ce moment; elles feront l'objet d'une publication spéciale.
